



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-266382

(P2001-266382A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 7/095

識別記号

F I

G 1 1 B 7/095

テーマコード(参考)

G 5 D 1 1 8

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-77162(P2000-77162)

(22) 出願日 平成12年3月17日 (2000.3.17)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 渡部 一雄

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

Fターム(参考) 5D118 AA14 AA16 BA01 BB01 BB02

BC12 BF02 BF03 CA05 CB05

CC12 CD04 CG04 CG14 CG36

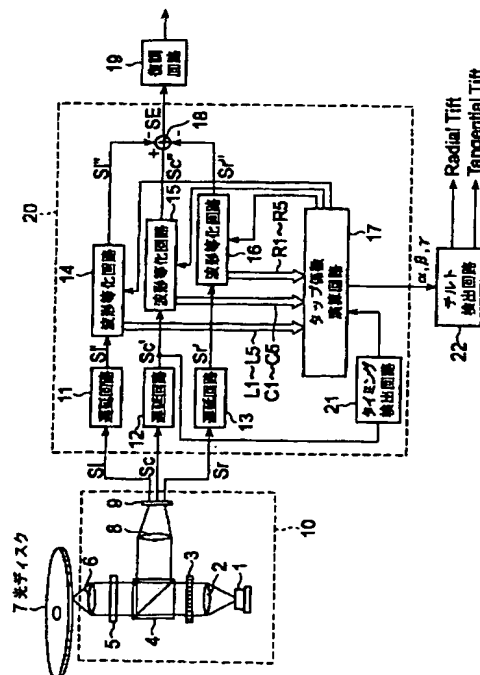
CG44

(54) 【発明の名称】 光ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 ディスクと光ヘッドの相対的な傾きを精度良く広帯域で検出することが可能で、且つラジアル及びタンジェンシャル方向のチルトを同時に検出することが可能な光ディスク装置を提供すること。

【解決手段】 3ビームを用いて再生した3トラックの信号の周波数特性を補正する等化手段(14, 15, 16)と、等化手段の特性を制御する制御手段(17)とを有し、光ディスク上の予め決められたデータが記録された学習データ領域において再生された信号系列と、この学習データ再生信号に対応した理想値系列から、前記等化手段のタップ係数を最小二乗法を用いてクロストーク成分が除去されるように一括処理により最適化し、これらのタップ係数値を演算することにより、ディスクと光ヘッドの相対的な傾きを検出する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光ディスク上の目標トラックとその両側隣接トラックの3トラックに光ビームを同時に照射し、これら3トラックに記録された情報が反映された反射光を検出する光学手段と、

前記光学手段により検出された反射光に反映された情報を電気信号に変換し、再生信号として提供する再生手段と、

前記再生手段から提供される3トラックの再生信号をそれぞれ所定の時間遅延させる遅延手段と、

前記遅延手段から提供される3トラックの再生信号の周波数特性をそれぞれ補正する等化手段と、

前記等化手段による周波数特性の補正量を制御する制御手段と、

前記制御手段による前記等化手段の周波数特性の補正量制御に基づき、前記光ディスクのチルト量を算出するチルト演算手段とを有し、

前記等化手段は、トランスバーサルフィルタで構成され、

前記制御手段は、前記トランスバーサルフィルタのタップ係数群を変化させることで前記等化手段による周波数特性の補正量を制御する回路であって、

前記3トラックより再生された信号値系列を観測値系列とし、

前記目標トラックより再生された信号値系列に対応した予め決められた信号値系列を理想値系列として、

前記観測値系列と前記タップ係数群の関係式であって、前記タップ係数群の一次結合で表される関係式によって求まる測定値系列と前記理想値系列との残差の複数チャンネルビットに渡る二乗和が最小となる条件を満たすタップ係数群を一括処理により求め、

前記チルト演算手段は、前記タップ係数群間の演算により前記光ディスクと前記光学手段との相対的な傾きを求めることを特徴とする光ディスク装置。

【請求項2】前記タップ係数群の導出において、前記目標トラックにおける既知のデータ系列としての学習データ系列を複数チャンネルビットに渡って再生した信号値系列を用いることを特徴とする請求項1に記載の光ディスク装置。

【請求項3】前記制御手段は、前記再生手段が前記学習データ系列と学習データ系列の中間を再生しているときには、前回の学習データ系列にて求めたタップ係数群の値を保持するように、前記等化手段を制御することを特徴とする請求項2に記載の光ディスク装置。

【請求項4】前記学習データ系列は、ユーザデータ中に含まれる同期コード、ヘッダ領域に含まれるID、ヘッダ領域に含まれるアドレスマーク、ディスクのリードイン領域に含まれるデータ、及びディスクのリードアウト領域に含まれるデータのうちのどれかであることを特徴とする請求項2又は3に記載の光ディスク装置。

2

【請求項5】前記光ディスク上の学習データ領域の再生においては、目標トラックにのみ予め決められたデータ記録されており、その両隣接トラックには通常のユーザデータが記録されていることを特徴とする請求項2又は3に記載の光ディスク装置。

【請求項6】前記チルト演算手段は、前記タップ係数群間の演算により前記光ディスクと前記光学手段との相対的なディスクラジアル方向の傾きとトラックタンジェンシャル方向の傾きを同時に求めることを特徴とする請求項2又は3に記載の光ディスク装置。

【請求項7】前記目標トラックのディスク内周側に隣接するトラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\alpha = \{\alpha_{-n}, \dots, \alpha_{-1}, \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記目標トラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\beta = \{\beta_{-n}, \dots, \beta_{-1}, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記目標トラックのディスク外周側に隣接するトラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\gamma = \{\gamma_{-n}, \dots, \gamma_{-1}, \gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記チルト演算手段は、前記光ディスクと前記光学手段との相対的なディスクラジアル方向の傾きを求める演算として、

タップ係数群  $\alpha$  と  $\gamma$  の互いの要素間の演算を行なうことを特徴とする請求項2、3、6に記載の光ディスク装置。

【請求項8】前記目標トラックのディスク内周側に隣接するトラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\alpha = \{\alpha_{-n}, \dots, \alpha_{-1}, \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記目標トラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\beta = \{\beta_{-n}, \dots, \beta_{-1}, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記目標トラックのディスク外周側に隣接するトラックの再生信号に対するトランスバーサルフィルタのタップ係数群を

$\gamma = \{\gamma_{-n}, \dots, \gamma_{-1}, \gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_n\}$  とし (但し  $n$  は正の整数)、

前記チルト量演算手段は、前記光ディスクと前記光学手段との相対的なトラックタンジェンシャル方向の傾きを求める演算として、

タップ係数群  $\alpha$  における要素間、あるいはタップ係数群  $\beta$  における要素間、あるいはタップ係数群  $\gamma$  における要素間の演算を行なうことを特徴とする請求項2、3、又

3

は6記載の光ディスク装置。

【請求項9】前記光ディスク上に前記学習データ系列と同一のデータ系列がクロストークが低減された状態で記録された理想値系列生成用データ領域を設け、該理想値系列生成用データ領域を再生したときの再生信号をサンプリングしたデータを前記理想値系列とすることを特徴とする請求項2に記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクと光ディスクに対して光ビームを照射する光ヘッドとの相対的な傾きを求める光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクは高密度化が進み、ディスクを再生する光学系はビームスポット径の縮小を要求される。ビームスポット径は、光源の波長に比例し、対物レンズの開口数（NA）に反比例する。したがって高密度化に伴い光源の波長は短波長化する必要がある。また、ディスクの基板厚を一定とすると、ディスクチルト時に発生するコマ収差は波長に反比例して増加するため、短波長化分だけコマ収差が増加することになる。したがって、高密度化に伴ってディスクチルトに伴う再生信号の歪みは増大する方向にあるため、ディスクと光ヘッドの相対的なチルトを補正して収差による影響をキャンセルしようとする技術が注目されている。そのような技術を支える要素として、ディスクと光ヘッドの相対的なチルト量や方向を検出する技術が重要となってくる。

【0003】このようなディスクのチルトを検出する試みがこれまでになされてきた。例えば特開平11-273113に開示されているチルト検出装置がある。これは、互いに隣接する3本の記録トラック内の中央の記録トラックから読み取られた信号と所定値との誤差値を求め、中央の記録トラックのディスク内周側に隣接するトラックから読み取られた読み取り信号と上記誤差値との相関により第1係数を求めると共に、中央の記録トラックのディスク外周側に隣接する記録トラックから読み取られた読み取り信号と上記誤差値との相関により第2係数を求め、これら第1係数と第2係数との大小バランスに基づき、記録ディスク及び情報読取手段間に生じている傾きを検出する。

【0004】このチルト検出装置では、内外周の隣接トラック再生信号に対する上記の第1、第2係数を求めるのに逐次処理を用いている。このような方式は最小二乗法の適応アルゴリズムと呼ばれ、係数が逐次得られることが特徴である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記したチルト検出装置では、タップ係数の収束性に問題があり、タップ係数が適切な値に収束するまでに十分な長さの信号

4

系列を必要とする。特に、ディスクチルトのような常に変化しながら微小な変動を示す信号を検出するには、このタップ係数が適切な値に短い区間で収束することがチルト検出性能において重要である。

【0006】また、この公知例では、係数の更新にゼロクロス信号を用いており、目標トラック再生信号が0近傍の値を取るときのみ係数の更新を行なう。したがって、目標トラック信号のレベル変動による影響を考慮しきれないため、十分な信号系列長による学習の後においても係数の収束値自体がチルト検出に十分な精度を確保出来ていないという問題があった。

【0007】また、このチルト検出装置は、ディスクの半径方向に相当するラジアルチルトの検出についてのみ有効であり、本来ラジアルチルトと共に常にディスクに混在するトラックタンジェンシャル方向のチルトの検出が行なわれず、実際のシステムへの応用範囲が狭い装置になっている。

【0008】この発明の目的は、上記したような事情に鑑み成されたものであって、ディスクと光ヘッドの相対的な傾きを精度良く広帯域で検出することが可能で、且つラジアル及びタンジェンシャル方向のチルトを同時に検出することが可能な光ディスク装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決し目的を達成するために、この発明の光ディスク装置は、以下のように構成されている。

【0010】この発明の光ディスク装置は、光ディスク上の目標トラックとその両側隣接トラックの3トラックに光ビームを同時に照射し、これら3トラックに記録された情報が反映された反射光を検出する光学手段と、前記光学手段により検出された反射光に反映された情報を電気信号に変換し、再生信号として提供する再生手段と、前記再生手段から提供される3トラックの再生信号をそれぞれ所定の時間遅延させる遅延手段と、前記遅延手段から提供される3トラックの再生信号の周波数特性をそれぞれ補正するトランスバーサルフィルタからなる等化手段と、前記トランスバーサルフィルタのタップ係数群を制御する制御手段と、前記制御手段からの信号により前記ディスクのチルトを算出するチルト演算手段とを有し、前記3トラックより再生された信号値系列を観測値系列とし、前記目標トラックより再生された信号値系列に対応した予め決められた信号値系列を理想値系列として、前記観測値系列と前記タップ係数群の関係式であって、前記タップ係数群の一次結合で表される関係式によって求まる測定値系列と、前記理想値系列との残差の複数チャネルビットに渡る二乗和が最小となる条件を満たすタップ係数群を一括処理により求め、前記チルト演算手段は、前記タップ係数群間の演算により前記光ディスクと光学手段との相対的な傾きを検出する。

5

【0011】ここで、本発明による光ディスク装置のチルト検出方式の従来例と比較した優位性を説明する。

【0012】最小二乗法の処理アルゴリズムによるタップ係数の収束性の違いを表したグラフを図1に示す。

【0013】横軸がタップ係数算出に用いる信号系列の長さ（チャンネルビット数）、縦軸がタップ係数値である。理論的には信号系列長が無限大の場合には一括処理、適応処理共に同じ値に収束する。

【0014】図より一括処理アルゴリズムの方が、適応アルゴリズムよりも少ない信号系列長で収束値（この場合約1.75）に近付くことが分かる。したがって、一括処理アルゴリズムを用いた方がわずかな範囲の信号系列で最適なタップ係数を導出することが出来ることになり、ひいては広帯域のチルト検出が可能なことを意味する。

【0015】図1の例では、一括処理では、信号系列長75チャンネルビットで最終収束値の±2%以内のタップ係数値に制定するのに対し、適応アルゴリズムでは、同範囲内にタップ係数値が制定するのに1000チャンネルビットを要する。すなわち、一括処理の方が検出帯域が約13倍に拡大することになる。

【0016】また、従来のチルト検出装置では、タップ係数の更新にゼロクロス信号を用いており、目標トラック信号が0近傍の値を取るときのみタップ係数の更新を行っていた。

【0017】したがって、全信号系列中のゼロクロスする点のみを抽出してタップ係数の更新を行なうため、この意味においてもタップ係数値が十分な値に収束するのに長い信号系列を必要とする。これは、チルト検出において物理的に長い範囲における平均のチルトしか検出できないことを意味する。これに、対し本方式では信号系列中の全チャンネルビットを用いてタップ係数を求めるので短い物理長におけるチルト量を検出可能となる。したがって、この点からも本発明の光ディスク装置の方がチルト検出帯域が拡大することになる。

一方、チルト検出用に学習データ系列を設ける場合には、一括処理を用いた方が学習データ系列長を短くしても、適応処理と同等のチルト検出性能を確保できることになる。したがって、この学習データ系列によるユーザーデータ容量の低下が抑えられ、実質的な容量向上につながる。

【0018】また、目標トラック再生信号が0近傍の値のときのみを抽出してタップ係数を更新する方法では、信号系列の取り得る全レベルを抽出してタップ係数を最適化する方法とくらべて収束する値自体が異なってくる。クロストークの影響は目標トラックの信号レベルとも相関があることは分かっており、目標トラック再生信号の取り得るレベルを考慮してタップ係数を最適化するのが望ましいことは明白である。したがって、タップ係数の収束値としてはゼロクロス点を用いた場合よりも信

6

号系列の取り得る全レベルを用いて最適化した場合の方が良好な値となる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0020】図2は、本発明の光ディスク装置の一例に相当するディスクチルト検出装置の概略構成を表す図である。

【0021】ディスクチルト検出装置は大きく分けて、光ディスクに記録された情報が反映された反射光を検出する光学ヘッド10と、再生信号を処理して目標トラックからの再生信号に含まれるクロストークや符号間干渉成分を除去するクロストークキャンセラ20と、クロストークキャンセラにおけるフィルタ回路のタップ係数を演算することによりディスクと再生光学系との相対的なチルトを検出するチルト検出回路22からなる。

【0022】レーザ光源1より放射された光ビームはコリメートレンズ2で平行光となり、回折格子3に入射する。光ビームは回折格子において回折された0次光、および±1次光の3本のビームは、偏光ビームスプリッタ（以下PBS）4、4分の1波長板5を透過し、対物レンズ6により光ディスク7の情報記録面に集光される。

【0023】集光されたビームは、図示しないフォーカスサーボ・トラッキングサーボ系により、記録面上に最良の微小スポットが得られる状態で維持されるように制御が掛けられる。

【0024】このときの光ディスク記録面上でのビームスポットの配置の例を図3に示す。

【0025】3個のビームスポットのうちCenterビームが再生すべきデータが記録された目標トラック（Track n）に照射され、その両隣接トラック（Track n-1, Track n+1）にLeftおよびRightビームが照射される。

【0026】これらのビームスポットによる反射光は対物レンズ6を逆方向に透過し、再度平行光となる。

【0027】反射光は4分の1波長板5を透過し、入射光に対して垂直な偏光を持ち、PBS4では反射される。PBS4で反射されたビームは集光レンズ8により収束光となり、光検出器9に入射される。光検出器9は複数の領域に分割されており、3ビームによる信号は独立に検出される。このとき、Centerビームによる反射光は光電変換されて信号Scとなり、LeftビームおよびRightビームによる反射光は各々信号Sl, Srとなる。

【0028】信号Sl, Sc, Srは、それぞれ遅延回路11, 12, 13に送られ、各ビームの照射位置のトラック走査方向の時間的ずれを補正される。すなわち、遅延回路11, 12, 13通過後の信号は3ビームが互いに真横を走査した場合の信号となる。

【0029】したがって、光ディスク上で最も先行した

7

位置を再生したビーム（図3ではLeftビーム）に対する遅延量は最も長く、再後方を再生したビーム（図3ではRightビーム）に対する遅延量は最も短くなる。このとき、遅延回路11～13のうち最も短い遅延量を与える遅延回路は省略しても構わない。

【0030】遅延回路11, 12, 13で各々の位相ずれを補正された信号 $S1'$ ,  $Sc'$ ,  $Sr'$ は波形等化回路14, 15, 16で各々独立に周波数特性を補正される。波形等化回路14, 15, 16は例えば5タップのトランスバーサルフィルタで構成される。すべての波形等化回路の等化特性はタップ係数演算回路17からの制御信号、例えばタップ係数値により制御される。タップ係数演算回路17は、波形等化回路14, 15, 16からのタップ信号群を入力として、後述する手法によりCenterビームによる信号 $Sc'$ に含まれるクロストーク成分を効率良く除去するように波形等化回路14, 15, 16の等化特性を制御する制御信号を波形等化回路14, 15, 16に出力する。波形等化回路14, 15, 16により周波数特性が適当に補正された信号 $S1''$ ,  $Sc''$ ,  $Sr''$ は減算器18において $Sc''$ から $S1''$ ,  $Sr''$ が減算されることによりクロストーク成分が除去され、信号SEが得られる。信号SEが復調回路19にて所定のデータ復調動作が行なわれることによりユーザデータが生成されることになる。

【0031】次に、クロストークキャンセラ20の内部構成について詳細に説明する。

【0032】波形等化回路14, 15, 16は、例えば図4のようなトランスバーサルフィルタからなる。この図では5タップのトランスバーサルフィルタを示すが、特にタップ数に理論的な制限はなく、タップ数が多い程詳細な周波数特性の補正が可能となる。ただしあまりタップ数が多いと回路規模が大きくなりコストアップにつながることになるので注意が必要である。

【0033】図4はCenterビームからの信号 $Sc'$ に対して適用されるトランスバーサルフィルタの例である。このトランスバーサルフィルタは、遅延回路30と係数乗算器35～39および加算器40から構成される。図2の遅延回路12からの信号 $Sc'$ は、遅延回路30に入力される。遅延回路30は複数段、この例では4段の単位遅延素子31, 32, 33, 34を縦続接続したものであり、複数個のタップC1, C2, C3, C4, C5を有する。各遅延素子は信号 $Sc'$ がアナログ信号である場合には例えばディレイラインによって構成される。デジタル信号である場合には例えばDフリップフロップにて構成することが出来る。この例では全ての遅延素子は $\tau$ の遅延時間をもつ素子であるが、各々異なる遅延時間を持たせることも可能である。

【0034】各タップC1, C2, C3, C4, C5からの出力信号は各々乗算器35, 36, 37, 38, 3

8

9にて重み係数 $\beta 1, \beta 2, \beta 3, \beta 4, \beta 5$ が乗じられた後、加算器40にて足し合わされて、波形等化された信号 $Sc''$ が得られる。なお、タップ信号C1～C5はタップ係数演算回路17に出力されタップ係数の算出に用いられる。乗算器35～39における係数は可変係数であり、各係数 $\beta 1, \beta 2, \beta 3, \beta 4, \beta 5$ は、タップ係数演算回路17により制御され、決定される。トランスバーサルフィルタの周波数応答は、そのタップ係数により自在に変化させることが可能であり、本発明では、結局タップ係数演算回路17が波形等化回路14, 15, 16の等化特性を制御することになるわけである。

【0035】なお、Left, Rightビームからの信号 $S1'$ ,  $Sr'$ に対するトランスバーサルフィルタも基本的に図4と同一構成のものが適用され、各々タップ係数演算回路17からタップ係数を制御されることにより隣接トラックからのクロストーク成分に対応した信号 $S1'''$ ,  $Sr'''$ が得られる。なお、 $S1'$ ,  $Sr'$ に対するトランスバーサルフィルタのみタップ数を7タップにするなどの仕様の変更は可能である。

【0036】次にタップ係数演算回路17の内部構成を図5にて説明する。

【0037】タップ係数演算回路17では、光ディスク7上の予め決められたデータが記録されている学習データ領域のデータパターンに対応した理想値系列テーブル52を保有している。この理想値は例えば学習データ領域のデータをクロストークがない条件で再生したときの理想波形をサンプリングしたものをを用いるとよい。これは予め光ディスク装置メーカーにおいて理想条件における再生波形を記憶させておいても良いし、光ディスク7上の例えばリードインエリアにクロストークが無い、すなわち両隣接トラックにマーク列が無いデータ領域に学習データパターンを記録しておき、そのデータ領域を再生したときの波形を理想値として取り込んで理想値系列テーブル52に記録しても良い。

【0038】図6に学習データ領域のマーク列とそれに対応した理想値系列の例を示す。Track nの学習データ領域の特定パターンに対応した理想的な再生信号を例えば1チャンネルビット毎にサンプリングして離散データとしてmチャンネルビット分のデータを保有する。この場合は1チャンネルビット辺り8bitの分解能とすると、理想値系列保存用にメモリ51上の $m \times 8$ bit分の領域を占有する。

【0039】一方、タップ係数演算回路17は、光ディスク7上の学習データ領域を再生した際の、波形等化回路14, 15, 16からのタップ信号L1～L5, C1～C5, R1～R5を観測値としてメモリ51に蓄積する。このとき、 $5 \times 3 = 15$ タップによるタップ信号を理想値系列のサンプリング周期と同一周期、例えば1チャンネルビット毎にサンプリングする。データ長も理想値

9

系列長と同じく、例えばmチャンネルビット分のデータをメモリ51に蓄える。この場合は1チャンネルビット辺り8bitの分解能とすると、15×m×8bit分のメモリ51上の領域を3ビームによる再生信号系列用に必要とする。

【0040】以上の例ではm=1000とすると、理想値系列と再生信号値系列用に合わせて128Kbitの容量をメモリ51上に占有することになる。

【0041】こうして、学習データ領域を再生した後では、例えば学習データ領域のデータ長がmチャンネルビットであるとする、mチャンネルビット分の3ビーム再生信号値（観測値）系列（15×m）と理想値系列（1×m）がメモリ51に蓄えられることになる。

【0042】さて、ここでタップ係数演算回路17にタイミング信号を送信するタイミング検出回路21の動作について説明する。タイミング検出回路21は、Centerビームによる再生信号Sc'をモニタし、学習データ領域の終了部を検出し、そのタイミング信号をタップ係数演算回路17内部のバス54に送信する。学習データ領域は既知のデータを記録しておくので、その終了部を検出するのは可能である。マイコン53は、バス54よりタイミング信号を検出し、学習データ領域の再生終了と同時に、以下に詳述するような線形最小二乗法アルゴリズムにより、タップ係数を乗じた観測値系列と理想値系列との残差の二乗和が最も少なくなるような、す

$$\begin{aligned} y_i &= f(q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, \dots, q_{i15}, x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}) \\ &= x_1 q_{i1} + x_2 q_{i2} + x_3 q_{i3} + \dots + x_{15} q_{i15} \quad \dots (1) \\ &= \sum_{j=1}^{15} q_{ij} x_j \end{aligned}$$

【0046】ここで、 $q_{i1} \sim q_{i15}$ はi番目のチャンネルビットにおける観測値、すなわちタップ信号L1～L5, C1～C5, R1～R5である。また、 $x_1 \sim x_{15}$ が未知数、すなわちタップ係数 $\alpha_1 \sim \alpha_5$ ,  $\beta_1 \sim \beta_5$ ,  $\gamma_1 \sim \gamma_5$ である。

$$\begin{aligned} S(x) &= \sum_{i=1}^m [y_{0i} - f_i(x)]^2 / \sigma_i^2 \\ &= \sum_{i=1}^m [y_{0i} - \sum_{j=1}^{15} q_{ij} x_j]^2 / \sigma_i^2 = \min \quad \dots (2) \end{aligned}$$

( $\sigma_i^2$ は測定値の誤差の分散（既知）)

【0049】(2)が各パラメータ $x_j$ に関して最小となるためにはその微分が0となればよい。即ち、下記式(3)のようになる。

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{\partial S(x)}{\partial x_j} \\ &= -2 \sum_{i=1}^m [y_{0i} - \sum_{j'=1}^{15} q_{ij'} x_{j'}] \cdot q_{ij} / \sigma_i^2 \quad (j=1 \sim 15) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

【0051】式(3)を未知パラメータ $x_{j'}$  ( $j' = 1 \sim 15$ )に関して整理すると、下記式(4)のように

10

\*なわち観測値系列が理想値系列に最も近付くようなタップ係数の最適解を求めて出力する。

【0043】マイコン53では、タイミング検出回路21からのタイミング信号が検出される毎にメモリ51にアクセスしてタップ係数の演算を行なって、タップ係数を更新する。また、タイミング信号とタイミング信号の間では、前回の演算結果のタップ係数群の値をホールドして出力する。すなわち、ある学習データ領域から次の学習データ領域までの間のユーザデータを再生している時には、前回の学習データ領域で計算したタップ係数値をホールドして、波形等化回路14, 15, 16に出力しておくのである。これは、未知のユーザデータを再生しているときには、学習データ領域で求めたタップ係数値をホールドしておいた方が良好な結果が得られることになるためである。

【0044】さて、線形最小二乗法によるタップ係数の決定には、まず観測値系列と未知数系列（この場合タップ係数）との関係式fから、各チャンネルビット毎に測定値yを求める。このとき関係式fは未知数についての一次結合であればどのような式でもよいが、図4のようなトランスバーサルフィルタを考えた場合、関係式は各タップに重み付けのタップ係数を乗算した下記式(1)のように表される。

【0045】

【数1】

※【0047】mチャンネルビットに渡る測定値系列yと理想値系列 $y_0$ について、最小二乗条件は下記式(2)のようになる。

【0048】

【数2】

★【0050】

【数3】

なる。

【0052】

$$\sum_{j'=1}^{15} \left( \sum_{i=1}^m q_{ij'} q_{ij} / \sigma_i^2 \right) x_{j'} = \sum_{i=1}^m (q_{ij} / \sigma_i^2) y_{0i} \quad (j=1 \sim 15) \quad \dots (4)$$

【0053】式(4)は下記連立一次方程式(5)である。  
 ※【0054】  
 ※【数5】

$$\begin{bmatrix} B_{1,1} & B_{1,2} & \dots & B_{1,15} \\ B_{2,1} & B_{2,2} & \dots & B_{2,15} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{15,1} & B_{15,2} & \dots & B_{15,15} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{15} \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

【0055】但し、上記連立一時方程式(5)は、下記式(6)(7)を満たす。  
 ★【0056】  
 ★【数6】

$$B_{j,j'} = \sum_{i=1}^m q_{ij'} q_{ij} / \sigma_i^2 \quad (j=1 \sim 15, j'=1 \sim 15) \quad \dots (6)$$

$$b_j = \sum_{i=1}^m (q_{ij} / \sigma_i^2) y_{0i} \quad (j=1 \sim 15) \quad \dots (7)$$

【0057】上記はすべて既知の量で表される定数である。よって、式(2)に基づく最小二乗条件を満たすタップ係数は、上の連立一次方程式を解くことによって求まる。すなわち、下記式(8)によって求めたいタップ☆  
 20 ☆係数を記述することができる。  
 【0058】  
 【数7】

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{1,1} & B_{1,2} & \dots & B_{1,15} \\ B_{2,1} & B_{2,2} & \dots & B_{2,15} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{15,1} & B_{15,2} & \dots & B_{15,15} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{15} \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

【0059】したがって、マイコン53では、メモリ51上の観測値系列および理想値系列から上述のような連立方程式の解を求める問題を解くことによりタップ係数の最適解が求めることができる。すなわち、mチャンネルビットに渡る再生信号系列に対して一括処理によりタップ係数を求めるのである。

【0060】こうして求めたタップ係数を波形等化回路14、15、16の各タップに適用することにより学習データ領域のデータがクロストークのない場合の波形理想値に近づくように等化係数が調整される。すなわちクロストーク成分が除去されることになるのである。

【0061】さて、このようにクロストーク成分が除去されるように、3トラック再生信号の波形等化回路14、15、16のタップ係数を制御した場合に、各タップ係数値がどのような値を取るか、ディスク上のビームスポット形状とタップの物理的位置を考慮して検討する。

【0062】図7(a)～図7(c)はディスク上のトラックとビームスポット形状の等高線図および3トラック再生信号の各タップの物理的位置を示したものである。タップは例として5タップを適用した場合を示している。

【0063】図7(a)はディスクと光学系に相対的なチルトがない場合のビームスポット形状を表す図である。このときビームスポットはCenter(目標)トラックに対して左右対称で、かつラジアル方向の中心線(直線L3R3)に対しても上下対称な形状となる。

【0064】これに対して、図7(b)はディスクにラジアル方向のチルトが発生した場合のビームスポット形状を表す図である。このときビームスポットはLeftトラック側に尾を引く形状となり、一方のRightトラック側には三日月状のサイドローブが形成される。一方、図7(c)のようにディスクにタンジェンシャル方向のチルトが発生した場合は、ラジアル方向の場合のビームスポット形状を90度回転させたような形状となる。

【0065】タップ係数をクロストークをキャンセルするように最適化した場合、各タップ位置におけるクロストーク量の大小によってタップ係数値が変動するようになる。つまり、チルトによってビームスポット形状が変化すると、各タップ位置からのクロストークの影響が変化し、引いてはタップ係数値が変化することになる。

【0066】したがって、クロストーク成分を除去するように最適化したタップ係数はディスク上のビームスポ



ット形状を大まかに反映するようになる。

【0067】例えば、図7(a)のようにチルトがない場合は、上下左右対称なビームスポット形状となるため、Centerトラックの中心タップC3に対して上下および左右に対称なタップ(C2とC4、R3とL3など)に対するタップ係数はほぼ同じ値を取ると考えられる。一方、図7(b)のようにラジアルチルトがある場合には、サイドローブ強度の強い位置のタップ(L3、R2、R4など)に対するタップ係数( $\alpha_3$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_4$ など)の絶対値は大きくなり、サイドローブ強度の比較的低い位置のタップ(R3、L2、L4など)に対するタップ係数( $\gamma_3$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_4$ など)の絶対値は小さくなる。

【0068】したがって、例えば左右隣接トラックの中心タップ係数の差分演算 $\alpha_3 - \gamma_3$ を行なうと、ラジアルチルトがない場合にはほぼ0の値を出力するのに対し、ラジアルチルトがある場合には絶対値の大きい値を出力することになる。したがって、このような演算によりラジアルチルトを検出できることになる。図8にラジアルチルト量に対する $\alpha_3 - \gamma_3$ の変化をプロットした図を示す。 $\alpha_3 - \gamma_3$ はラジアルチルトをよく反映していることが分かる。ラジアルチルトが生じた場合には左右の隣接トラックにおけるサイドローブ形状が大きく変化するので、左右隣接トラックにおけるタップ係数間( $\alpha_1 \sim \alpha_5$ 、 $\gamma_1 \sim \gamma_5$ の間)の演算を行なうとラジアルチルトが検出しやすいと言える。

【0069】他の演算によるラジアルチルトの検出例を図9及び10に示す。図9は、 $(\gamma_2 + \gamma_4) - (\alpha_2 + \alpha_4)$ なる演算による結果を示し、図10は、 $(\gamma_2 + \alpha_3 + \gamma_4) - (\alpha_2 + \gamma_3 + \alpha_4)$ なる演算による結果を示している。両者とも、ラジアルチルトを良く反映した信号となっていることが分かる。

【0070】一方、図7(c)のようなタンジェンシャル方向のチルトについてもチルト検出を行なうことができる。図7(c)のようにタンジェンシャルチルトがある場合には、サイドローブ強度の強い位置のタップ(C4、C1、L2、R2など)に対するタップ係数( $\beta_4$ 、 $\beta_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\gamma_2$ など)の絶対値は大きくなり、サイドローブ強度の比較的低い位置のタップ(C5、C2、L4、R4など)に対するタップ係数( $\beta_5$ 、 $\beta_2$ 、 $\alpha_4$ 、 $\gamma_4$ など)の絶対値は小さくなる。

【0071】したがって、例えば中央トラックのビーム中心の前後のタップ係数の差分演算 $\beta_2 - \beta_4$ を行なうと、タンジェンシャルチルトがない場合にはほぼ0の値を出力するのに対し、タンジェンシャルチルトがある場合には絶対値の大きい値を出力することになる。したがって、このような演算によりタンジェンシャルチルトを検出できることになる。図11にタンジェンシャルチルト量に対する $\beta_4 - \beta_2$ の変化をプロットした図を示す。 $\beta_4 - \beta_2$ はタンジェンシャルチルトをよく反映し

ていることが分かる。

【0072】タンジェンシャルチルトが生じた場合には同一トラック上の前後のタップにおけるサイドローブ形状が大きく変化するので、同一トラック上のタップ係数間( $\alpha_1 \sim \alpha_5$ の間、あるいは $\beta_1 \sim \beta_5$ の間、あるいは $\gamma_1 \sim \gamma_5$ の間)の演算を行なうとタンジェンシャルチルトが検出しやすいと言える。

【0073】他の演算によるタンジェンシャルチルトの検出例を図12及び13に示す。図12は、 $(\beta_1 + \beta_4) - (\beta_2 + \beta_5)$ なる演算による結果を示し、図13は、 $(\alpha_2 + \beta_4 + \gamma_2) - (\alpha_4 + \beta_2 + \gamma_4)$ なる演算による結果を示している。両者とも、タンジェンシャルチルトを良く反映した信号となっていることが分かる。

【0074】また、実際の光ディスクドライブにおいては、図14のようにラジアル方向とタンジェンシャル方向のチルトが混在している場合が多い(図の例では、ラジアル方向とタンジェンシャル方向に同一量のチルトがある場合を示す)。このような場合においては、上述したラジアルチルト検出の演算とタンジェンシャルチルト検出の演算を同時に行なえばよい。すなわち、例えば上述した演算 $\alpha_3 - \gamma_3$ と $\beta_4 - \beta_2$ を行なうと、各々の演算からチルトのラジアル成分とタンジェンシャル成分を同時に検出することが可能である。図15にラジアルチルトとタンジェンシャルチルトが混在した場合の、ラジアルチルト量に対する $\alpha_3 - \gamma_3$ の変化、およびタンジェンシャルチルト量に対する $\beta_4 - \beta_2$ の変化をプロットした図を示す。それぞれの信号がラジアルチルト並びにタンジェンシャルチルトをよく反映していることが分かる。但し、 $\alpha_3 - \gamma_3$ 信号のラジアルチルト検出感度と $\beta_4 - \beta_2$ のタンジェンシャルチルト検出感度が必ずしも同一でない場合は考えられるので、このような場合はこれらの信号のどちらかあるいは両方に感度補正用の係数を掛け、両者の感度を合わせてやると良い。

【0075】以上のような演算を行ないチルトを検出するチルト検出回路の例を図16に示す。タップ係数演算回路17においてクロストーク成分を減少させるべく最適化したタップ係数群のうち、Leftトラックの中央タップL3における係数値 $\alpha_3$ とRightトラックの中央タップR3における係数値 $\gamma_3$ を減算器に入力して差分を取り、ラジアルチルト信号を得る。一方、同時にタップ係数演算回路17においてクロストーク成分を減少させるべく最適化したタップ係数群のうち、CenterトラックのタップC2とC4における係数値 $\beta_2$ と $\beta_4$ を減算器に入力して差分を取ることで、タンジェンシャルチルト信号を得る。

【0076】以上詳述したディスクチルト検出に用いる学習データ領域は目標トラックにのみ既知データが記録されていればよく、両隣接トラックには通常のユーザデータが記録されていて構わない。この場合、両隣接トラ

ックにも既知データを記録しておく必要があるような方式にくらべて学習データ領域の容量が低減し、ディスク全体のユーザデータ領域が増加することになる。

【0077】また、学習データ領域はチルト検出のために光ディスク上の一定の領域に設定することが考えられるが、例えばDVDの通常のユーザデータ中に含まれる同期パターン（SYNCコード）を学習データとして用いることもできる。DVDでは、2KBで1セクタを構成しているが、この1セクタ中に $26 \times 32 \text{ bit}$ のSYNCコードが存在する。SYNCコードには予め決められた16種のパターンが繰り返し用いられているため、これらすべてのパターンに対する理想値系列を予め用意しておくことで、SYNCコード自体をタップ係数の最適化のための学習データとして利用できる。こうすることで、チルト検出のための新たなデータ領域を必要としないため、ユーザ記憶容量の低下を伴うことなくディスクチルト検出装置を実現できることになる。

【0078】また、学習データには、例えばDVD-RAMのヘッダ領域に含まれるIDコードやアドレスマークを用いることも出来る。また、学習データ領域は、ディスクのユーザデータ領域中に一定間隔（例えば1セクタ）を隔てて設置してもよいしディスクの最内周のリードインエリアと最外周のリードアウトエリアにのみ設けておいてもよい。

【0079】本発明によれば、光ディスク上の予め決められたデータが記録された学習データ領域において3ビームにより再生された信号と、この学習データに対応した理想値系列から、3ビーム再生信号に対する波形等化回路のタップ係数を最小二乗法を用いてクロストークが減少するように最適化し、これら最適化されたタップ係数を演算することで、ディスクと光ヘッドの相対的な傾きを精度良く広帯域で検出することができ、ラジアル及びタンジェンシャル方向のチルトを同時に検出可能なディスクチルト検出装置を提供することができる。

#### 【0080】

【発明の効果】本発明によれば、光ディスク上の予め決められたデータが記録された学習データ領域において3ビームにより再生された信号と、この学習データに対応した理想値系列から、3ビーム再生信号に対する波形等化回路のタップ係数を最小二乗法を用いてクロストークが減少するように最適化し、これら最適化されたタップ係数を演算することで、ディスクと光ヘッドの相対的な傾きを精度良く広帯域で検出することができ、ラジアル及びタンジェンシャル方向のチルトを同時に検出可能な光ディスク装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】適応アルゴリズムと一括処理によるタップ係数値の収束性の違いを示す図である。

【図2】本発明の光ディスク装置の一例に相当するディスクチルト検出装置の全体の概略構成を示す図である。

【図3】光ディスク上での3ビームの配置を示す図である。

【図4】波形等化回路の概略構成を示す図である。

【図5】タップ係数演算回路の概略構成を示す図である。

【図6】学習データ領域の理想値系列を示す図である。

【図7】光ディスク上のビームスポット形状とトラックの関係を示す図である。

【図8】 $(\alpha 3 - \gamma 3)$  信号のラジアルチルト依存性を示す図である。

【図9】 $(\gamma 2 + \gamma 4) - (\alpha 2 + \alpha 4)$  信号のラジアルチルト依存性を示す図である。

【図10】 $(\gamma 2 + \alpha 3 + \gamma 4) - (\alpha 2 + \gamma 3 + \alpha 4)$  信号のラジアルチルト依存性を示す図である。

【図11】 $(\beta 4 - \beta 2)$  信号のタンジェンシャルチルト依存性を示す図である。

【図12】 $(\beta 1 + \beta 4) - (\beta 2 + \beta 5)$  信号のタンジェンシャルチルト依存性を示す図である。

【図13】 $(\alpha 2 + \beta 4 + \gamma 2) - (\alpha 4 + \beta 2 + \gamma 4)$  信号のタンジェンシャルチルト依存性を示す図である。

【図14】光ディスク上のビームスポット形状とトラックの関係を示す図である。

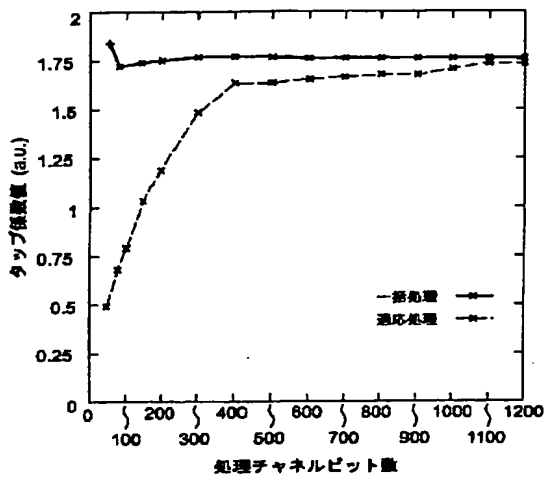
【図15】 $(\alpha 3 - \gamma 3)$  信号、 $(\beta 4 - \beta 2)$  信号のチルト依存性を示す図である。

【図16】チルト検出回路の構成例を示す図である。

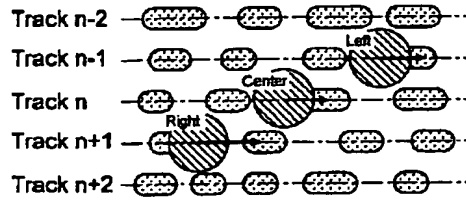
#### 【符号の説明】

- 1…レーザ光源
- 2…コリメートレンズ
- 3…回折格子
- 4…偏光ビームスプリッタ
- 5…4分の1波長板
- 6…対物レンズ
- 7…光ディスク
- 8…集光レンズ
- 9…光検出器
- 11～13…遅延回路
- 14～16…波形等化回路
- 17…タップ係数演算回路
- 22…チルト検出回路

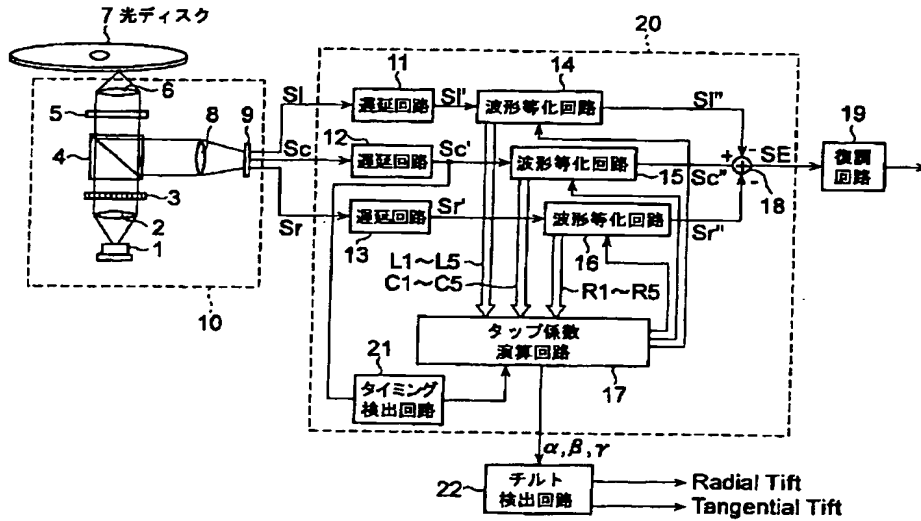
【図1】



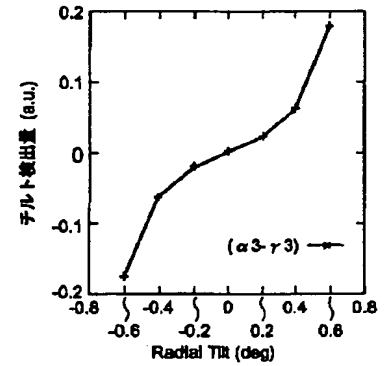
【図3】



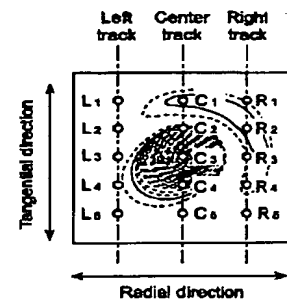
【図2】



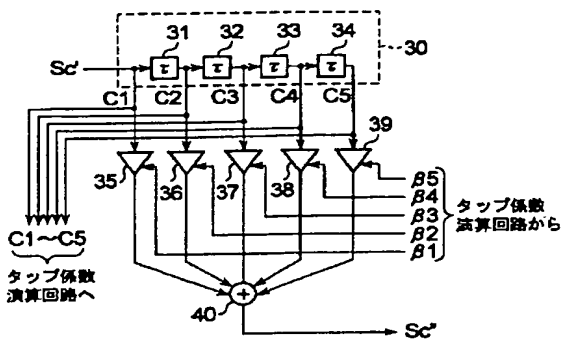
【図8】



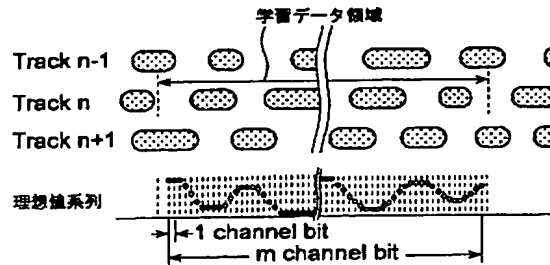
【図14】



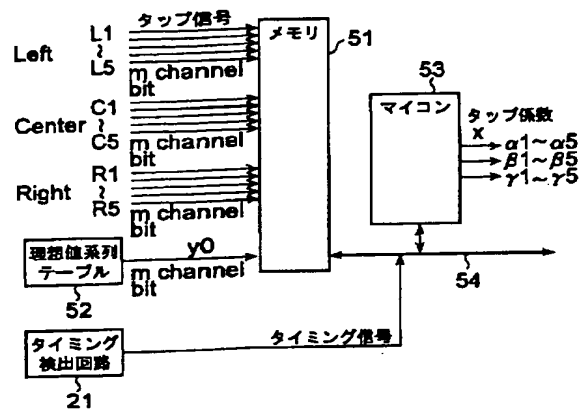
【図4】



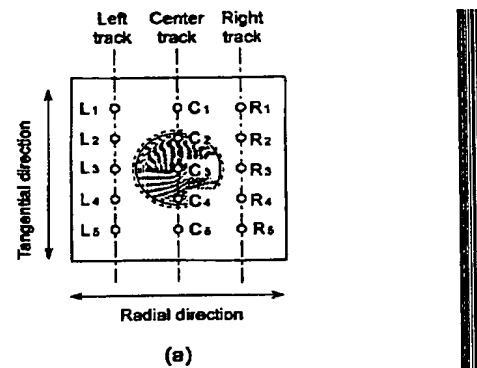
【図6】



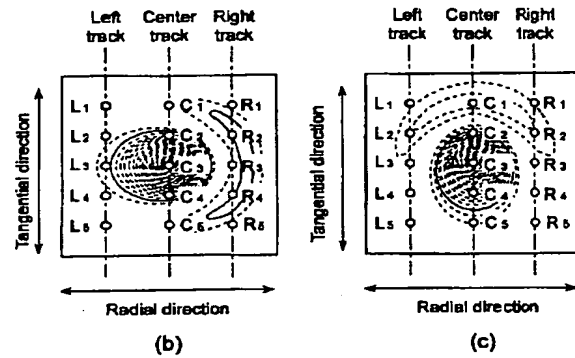
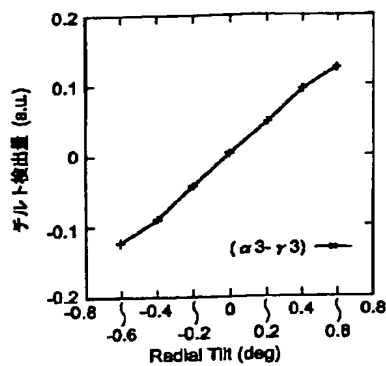
【図5】



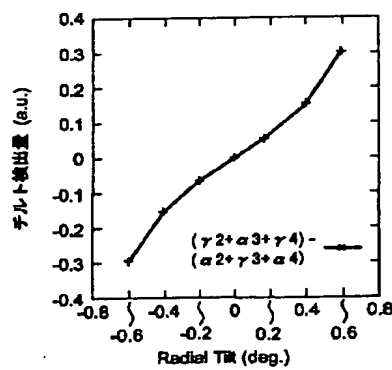
【図7】



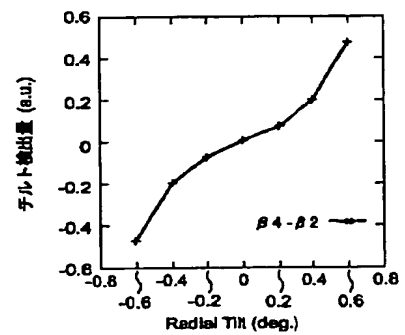
【図9】



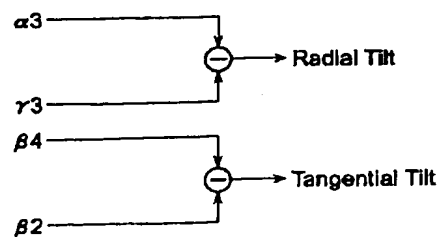
【図10】



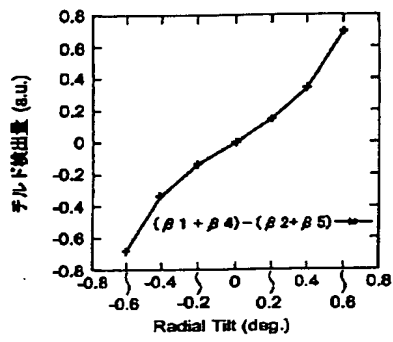
【図11】



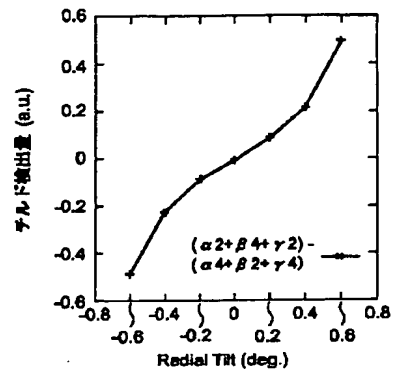
【図16】



【図12】



【図13】



【図15】

